

НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МЕТАЛЕВИХ ГОФРОВАНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

Й. Й. Лучко¹, В. В. Ковальчук², Ю. Є. Ковальчук³

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,

²Львівська філія Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,

³Національний університет «Львівська політехніка»

Анотація. У даній роботі розроблені наукові основи нового пристрою для вимірювання та оцінки напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій залізничної колії при дії змінних температурах і навантаженнях від рухомого складу залізничного транспорту.

Ключові слова: пристрій, напружено-деформований стан, навантаження, температура, металева гофрована конструкція.

Збільшення протяжності автомобільних і залізних доріг, значна кількість дефектних транспортних споруд вимагає застосування все більш досконалих і раціональних транспортних перетинів, що забезпечують одночасно простоту виробництва робіт, гармонійність архітектурних рішень, довговічність і міцність самої споруди. До них зокрема відносяться споруди з металевих гофрованих елементів (МГК), які можуть застосовуватися у транспортному будівництві в якості мостів, водопропускних труб, тощо.

Металеві гофровані конструкції є одними із раціональних і перспективних видів транспортних споруд будівництва, яких вимагає мінімальних затрат часу, невеликих затрат матеріалів та відповідно невеликі економічні затрати. До теперішнього часу накопичений великий досвід використання великопрольотних конструкцій з гофрованих елементів. Широке поширення гофровані конструкції отримали в США, Канаді, Японії, Франції, Італії, Скандинавських країнах.

У Вітчизняній практиці будівництво МГК почалося з середини 90-х років. Такі конструкції використані при будівництві транспортних розв'язок та перепику водотоків АР Крим, на автомобільній дорозі Київ-Одеса, Харків Сімферополь, на дільниці Вадул-Сирет – Держжордон Львівської залізниці.

Актуальність теми. Досвід будівництва труб із МГК вказує на їх недостатню надійність і довговічність. Це пов'язано в першу чергу з тим, що протягом тривалого часу будівельники і проєктанти недооцінювали роль ґрунтової засипки в роботі МГК при їх проєктуванні. Тільки в останні роки з'явилися можливості коректного аналізу взаємодії МГК з ґрунтовою засипкою при статичних і динамічних навантаженнях.

У процесі експлуатації спостерігаються залишкові деформації металевих гофрованих труб, які перевищують допустимі деформації.

Проблема визначення напружено-деформованого стану внаслідок дії змінних навантажень та температур, що має місце в металевих гофрованих конструкціях, носить комплексний характер і включає наукову, технічну та фахову складові. Для проведення значних за обсягом проєктних робіт, які до того ж мають нестандартний характер, необхідно здійснити великий обсяг наукових досліджень. Наукові розробки необхідно трансформувати в технічні засоби, основою яких має стати певний програмний продукт, що міститиме як теоретичні моделі, так і експериментальні дані. За його допомогою і проводитиметься проєктування прогонових будов мостових споруд.

Методика досліджень. Для оцінки напружено-деформованого стану (НДС) металевих гофрованих труб було розроблено пристрій неруйнівного контролю [1-3]. За його допомогою вимірювання проводяться за наступною схемою (рис. 1): При проведенні вимірювань сигнал від тензометра 1 надходить на вхід АЦП 2, де визначаються параметри вимірюваного сигналу і, засобами програмного забезпечення 5, виводяться на табло 3 та, з метою подальшого використання та опрацювання, накопичуються у пам'яті 4. Для забезпечення роботи вимірювальної схеми та АЦП використовується блок живлення 6.

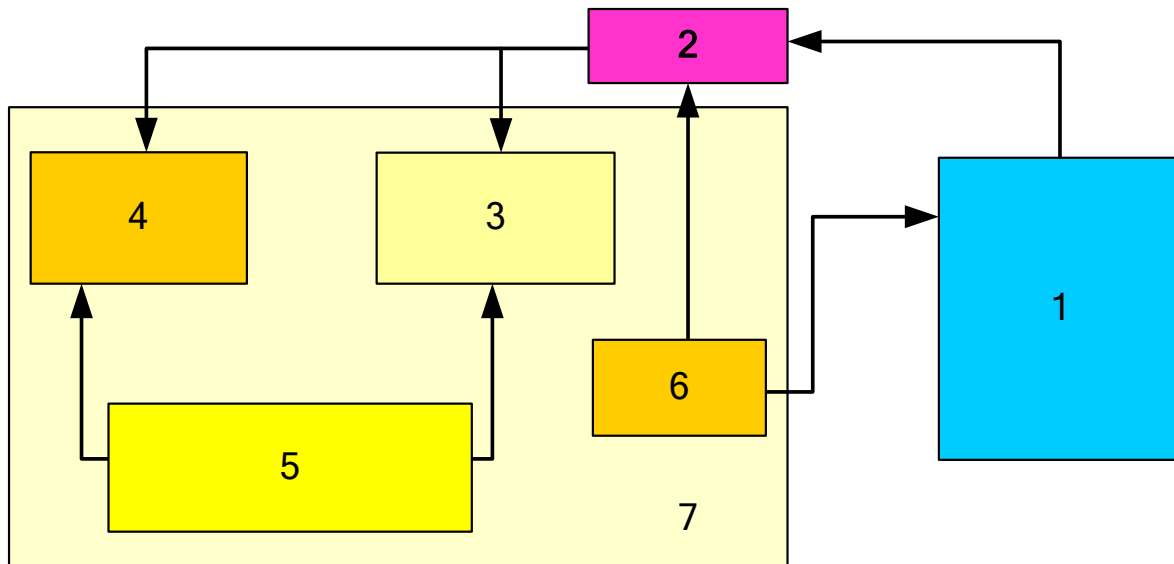


Рис.1. Узагальнена структурна схема проведення вимірювань

Реальна схема проведення вимірювань наведена на рис. 2.

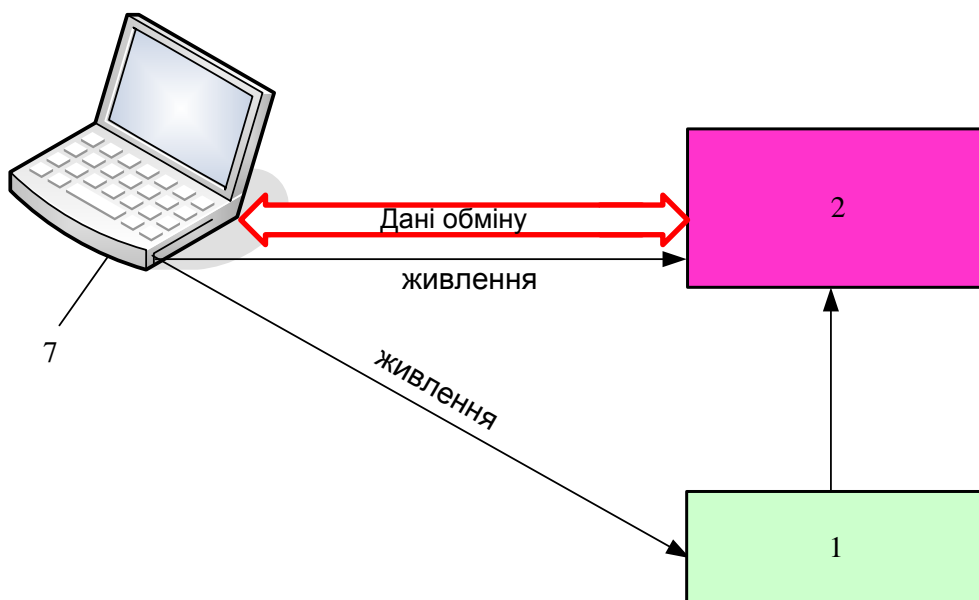


Рис. 2. Реальна схема вимірювань

Дана схема складається з персонального комп'ютера 7, який живить АЦП 2 та тензометр 1. Інформація з тензометра 1 передається на АЦП 2, а з нього на – ПК 7, який у цьому випадку виконує функції інформаційного табло 3, накопичувача інформації 4 та програмного забезпечення 5.

До комп'ютера, який використовується при проведенні вимірювань спеціальних вимог не пред'являється. Однією з його особливостей є наявність у ньому жорсткого диску з об'ємом пам'яті, який буде достатнім для збереження значної кількості вимірних значень. Бажано, щоб комп'ютер був переносним.

Програмне забезпечення комп'ютера повинно гарантувати збереження та резервування отриманих даних, можливість їх обробки та візуального відтворення.

Далі розглянемо особливості мостових схем при змінах опору в одному із плеч або в кількох плечах вимірювального моста та висвітлимо методику розрахунку параметрів таких схем при роботі з тензодатчиками.

Умова рівноваги мостової схеми визначається співвідношенням

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_4}{R_3}, \quad (1)$$

або
$$R_1 R_3 = R_2 R_4. \quad (2)$$

Залежність вихідної напруги від параметрів опорів схеми має вид

$$U_{вих} = U_0 \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}, \quad (3)$$

де $U_0 = E_0 - IR_{вн}$ – напруга живлення моста.

При вимірюванні малих деформацій, спричинених температурними впливами доцільно застосовувати мостову схему із увімкненням датчиків у чотири плеча моста. Така схема увімкнення доцільна ще і з тієї точки зору, що товщина металу труби є значно малою порівняно з деформацією та її протилежні сторони знаходяться у різних температурних умовах.

Далі розглянемо принцип визначення НДС елементів труби при змінних навантаженнях і температурах, який полягає в одночасному вимірюванні деформації об'єкта і його температури (та компенсації температурного впливу на тензорезистори). Розроблений підхід дозволяє визначити НДС у достатньо малому околі будь-якої точки на поверхні об'єкта. Він базується на залежності опору тензорезисторів (датчиків) від температури і деформації. У результаті вимірювань отримаємо значення деформації об'єкту, яке переводимо у напруження за формулою

$$\sigma_{t^{\circ}} = \varepsilon \frac{\nu E + (1 - 2\nu) E}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

Отже, отримуємо значення деформацій та напружень при конкретній температурі та навантаженню.

Висновок. Розроблений пристрій із вимірювання характеристик напружено-деформованого стану металевих гофрованих конструкцій при змінних температурах і навантаженнях можна застосовувати для неперервного неруйнівного контролю їх технічного стану.

Для створення системи моніторингу напружено-деформованого стану цих конструкцій доцільно використовувати тензодатчики у якості вимірювальних перетворювачів деформації. За результатами такого моніторингу можна прогнозувати деформації склепіння металевої труби при змінних навантаженнях від дії рухомого транспорту залізниць.

1. Лучко Й. Й. Вимірювання напружено-деформованого стану конструкцій мостів при змінних температурах і навантаженнях: Монографія / Й. Й. Лучко, В. В. Ковальчук. – Львів: Каменяр, 2012. – 235 с.
2. Патент №93604 МПК G 01 B 5/30, E04B 1/00. Пристрій для вимірювання та оцінки напружено-деформованого транспортних споруд при змінних температурах і статичних та динамічних навантаженнях / Ковальчук В. В.; заявник Ковальчук В. В. – № u2014 04271; заяв. 22. 04. 2014 р., опублік. 10.10.2014, Бюл. № 19.
3. Патент №94540 МПК G 01 B 5/30. Спосіб визначення напружень у мостових конструкціях та металевих гофрованих трубах, які виникають внаслідок дії змінних температур та навантажень / Лучко Й. Й., Возняк О. М., Ковальчук В. В.; заявник Ковальчук В. В. – № u2014 01808; заяв. 24. 02. 2014 р., опублік. 25.11.14, Бюл. № 22.